

# GEOFÍSICA APLICADA NO MONITORAMENTO DE AQUÍFERO FRATURADO CONTAMINADO POR CHORUME

Lívia Portes Innocenti Helene <sup>1</sup>, César Augusto Moreira <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Programa de pós-graduação em Geociências e Meio Ambiente. Unesp – Rio Claro.  
liviapihelene@gmail.com

<sup>2</sup> Departamento de Geologia Aplicada. Unesp – Rio Claro. moreirac@rc.unesp.br

**Palavras-Chave:** aterro sanitário; resistividade; geomebrana

## INTRODUÇÃO

Quando a subsuperfície é contaminada, um dos primeiros esforços para remediação é a identificação da abrangência da contaminação pela delimitação da pluma no ambiente subterrâneo. Em áreas de aterro sanitário, esse diagnóstico pode ser oferecido por meio da análise de solo e água subterrânea coletados em poços construídos durante a instalação do aterro. Apesar de representativo em termos quantitativos, essa análise por métodos diretos pode não ser suficiente em termos espaciais, uma vez que os poços são instalados previamente a contaminação e podem não abranger a área contaminada. A instalação de novos poços auxiliares é muitas vezes inviável, pois podem desestabilizar as camadas de resíduos e acentuar a contaminação (CHRISTENSEN,2011).

Diante desse cenário, uma alternativa ao diagnóstico é a utilização de métodos indiretos para detecção do chorume. O uso de métodos geofísicos, por exemplo, é interessante e pertinente para esse tipo de caso, pois permitem uma cobertura espacial e em profundidade da subsuperfície sem intervenção direta no meio, não apresentando risco aos sistemas operacionais do aterro.

## OBJETIVO

Este trabalho busca realizar por meio de métodos geofísicos o monitoramento da atenuação natural de aquífero contaminado por chorume originado da degradação de resíduos sólidos em um aterro sanitário que apresenta furo no sistema de impermeabilização.

## MÉTODOS

A investigação de aquíferos contaminados pode ocorrer por meio de amostragem das águas em locais representativos, entretanto, em áreas de aterro sanitários, a instalação de poços adicionais pode apresentar riscos a estabilidade dos sistemas do aterro e amplificar os impactos. Nesses casos, a melhor opção de diagnóstico é proporcionada pela aplicação de métodos geofísicos, não invasivos e de ampla cobertura espacial.

Neste trabalho foi utilizado o método geofísico da eletrorresistividade, que consiste na aplicação de uma corrente elétrica em superfície por meio de eletrodos de corrente e leitura da diferença de potencial criada. Os materiais geológicos apresentam resistências diferentes na passagem da corrente e o contraste na resistividade elétrica permite a caracterização da subsuperfície (TELFORD et al., 1990). O chorume é uma solução salina que apresenta elevada condutividade, passível de identificação em um meio geológico de alta resistividade.

Os dados geofísicos foram adquiridos no mês de fevereiro dos anos de 2016 e 2017 e consistiu de ensaios de tomografia elétrica em 12 linhas de aquisição, 11 sob a área do aterro e uma de referência localizada a montante da área de disposição de resíduos (Figura 1). Cada linha possui 100 metros de comprimento, espaçamento de eletrodos de 5 metros utilizado o arranjo Schlumberger e espaçamento entre linhas de 5 metros. Os dados foram posteriormente processados nos programas Res2dinv e Geosoft.

Figura 1 – Localização da área e disposição das linhas de tomografia elétrica em campo



## RESULTADOS

Com o objetivo de identificar e caracterizar a contaminação do aterro por chorume, os resultados são apresentados em modelos de visualização em blocos 3D com escala de valores entre  $12,5 \Omega.m$  e  $284 \Omega.m$ . Os blocos mostram os dados para os anos de 2016 e 2017, com vista superior e inferior da profundidade de instalação do sistema de impermeabilização por geomembrana (-4m) e a profundidade do aquífero (-10m).

Pela linha de referência, foi estabelecido que o padrão de resistividade natural para a área apresenta valores altos de resistividade, superiores a  $200 \Omega.m$ , em toda sua superfície e contínuos até uma profundidade de 10 metros, atribuídos a presença de solo seco. A partir de 10 metros, a queda brusca nos valores representa a interface entre a zona saturada e não saturada e os valores alcançam o mínimo de  $47,7 \Omega.m$ , típicos de aquíferos de matriz argilosa.

Os resíduos sólidos urbanos são, em sua maioria, resíduos orgânicos, e o processo de degradação desses resíduos no meio ocorre quase que instantaneamente. A presença dos produtos iniciais da degradação dos resíduos, na sua maioria ácidos graxos e principalmente acetatos dissolvidos no chorume causam modificações na resistividade da área. Assim, o caráter condutivo do chorume o atribui uma assinatura de baixa resistividade elétrica.

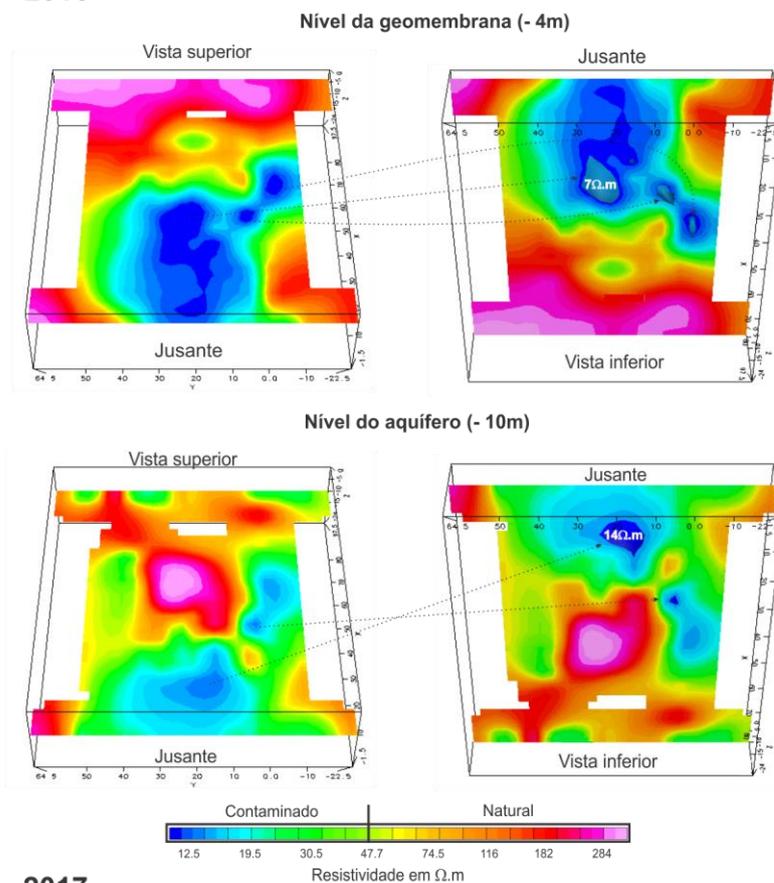
De forma geral, as seções conduzidas no aterro permitem a identificação de áreas com presença de chorume a partir de uma comparação com os valores naturais que são esperados para a área. As maiores concentrações de chorume estão presentes dentro da célula de resíduos em sua porção central, em regiões onde são encontrados os menores valores de resistividade ( $12,5 \Omega.m$ ), provavelmente devido ao perfil construtivo da célula de resíduos que visa o fluxo gravitacional do chorume até um ponto central de drenagem onde o chorume é coletado e transportados para tanques a jusante do aterro (Figura 2).

Entretanto, a presença de chorume extrapola os limites da célula de resíduos, atingindo profundidades superiores ao imposto pelo sistema de impermeabilização à 4 metros de profundidade. A interpolação dos dados permitiu a geração de camadas de resistividade elétrica para os níveis de -4m, localização da geomembrana de impermeabilização e -10m, profundidade do aquífero local. Em seguida, a fim de compreender o comportamento do chorume, foram gerados modelos de isosuperfície de resistividade elétrica para valores muito baixos baseados na hipótese de elevada concentração de chorume em locais de fluxo concentrado (Figura 2).

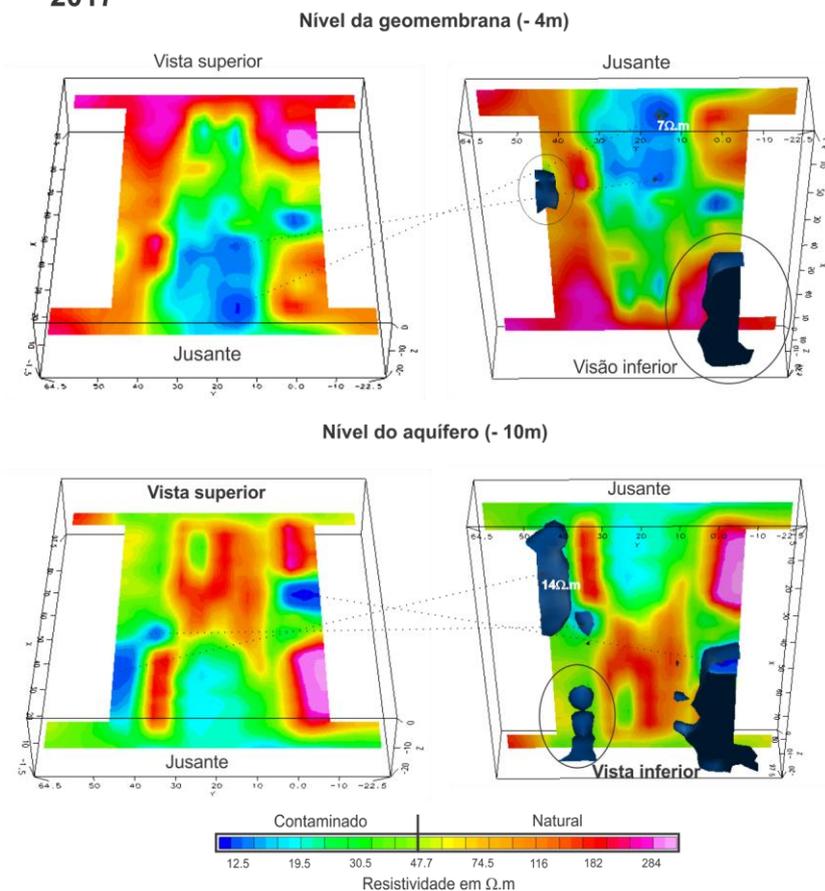
A percolação de chorume no solo abaixo da célula de resíduos deve resultar na dispersão do fluido e dissolução de sais, com conseqüente aumento da resistividade. A evolução deste processo pode resultar no aporte de chorume para o aquífero. Esse processo de percolação é evidenciado pela análise do modelo de resistividade elétrica para -10m de profundidade, horizonte correspondente ao nível aquífero local. A análise deste modelo revela um padrão onde ocorrem três pontos com resistividade em torno de  $14 \Omega.m$ , muito semelhante ao definido na interface do nível da geomembrana.

Figura 2 – Modelos de visualização 3D de resistividade elétrica para os anos de 2016 e 2017 com vista superior e inferior da profundidade -4m e -10m.

**2016**



**2017**



Dentre as áreas de concentração de chorume evidenciadas no ano de 2016, a de maior abrangência está localizada no interior da célula de resíduos e encontra-se deslocadas no sentido da jusante do aterro no nível do aquífero. As outras duas áreas menores têm fluxo preferencial para norte da célula e possuem um deslocamento mínimo entre sua posição no nível da geomembrana e no nível do aquífero. Os resultados demonstram, portanto, a presença de chorume dentro e fora da célula de resíduos, atingindo as águas subterrâneas em alguns pontos específicos.

Além disso, evidenciam as problemáticas que envolvem os aterros sanitários como destinos finais para os resíduos sólidos. As eventuais falhas dos sistemas construtivos dos aterros podem significar em impactos ambientais significativos, o que descaracteriza os aterros sanitários como uma disposição final totalmente segura em termos ambientais.

O monitoramento da contaminação do aterro realizado pela aquisição geofísica em 2017 demonstra que, de maneira geral, valores abaixo da resistividade natural para a área permanecem na célula de resíduos, porém com uma expressão menor em termos de abrangência, o que pode indicar uma redução na produção de chorume devido ao estágio mais avançado dos processos de degradação ou podem significar um transporte do chorume para outras áreas do aterro.

A presença de chorume em subsuperfície é resultado da migração vertical do chorume dentro da célula de resíduo, que por eventuais falhas na geomembrana de impermeabilização. Uma vez que o chorume é dissolvido nas águas subterrâneas, este passa a ter o mesmo fluxo das águas subterrâneas.

O aterro de Vila Nova do Sul está situado sobre uma formação geológica pouco conveniente para uma área de disposição de resíduos. O embasamento geológico da região é caracterizado na superfície por um solo raso, pouco consolidado com a presença de fragmentos rochosos típicos de saprolito. O substrato rochoso adjacente é constituído por gnaisses do Complexo Cambaí constituídos principalmente por quartzofeldspático associados a uma suíte ígnea. (PORCHER, 2000).

Com base nesse perfil geológico, é esperado que o perfil hídrico seja composto por uma zona aquífera fraturada, onde as águas de infiltração circulam pelas discontinuidades presentes na rocha. Os resultados geofísicos indicam um nível d'água raso, dessa forma, qualquer migração de chorume para a zona não saturada, por atingir rapidamente a parte superior do aquífero.

Pela análise da vista inferior da superfície de profundidade de 10 metros que parte do chorume presente na célula de resíduos migrou para montante do aterro gerando zonas de acumulação. É possível que essa migração tenha ocorrido por meio das fraturas presentes na rocha que apresentam uma direção discordante com a topografia.

A presença de um soluto como o chorume nas águas subterrâneas está condicionada ao fluxo subterrâneo em meio fraturado, que diferente de um meio granular não pode ser considerado como homogêneo e isotrópico. As propriedades hidráulicas como condutividade hidráulica e transmissividade apresentam variações de várias ordens de magnitude, pois estão relacionadas a densidade e a conectividade das fraturas. Dessa forma, a avaliação de uma área com substrato geológico fraturado, só é bem-sucedida quando são encontrados os caminhos preferenciais de migração.

## **CONCLUSÕES E PRÓXIMAS ETAPAS**

Em áreas de vulnerabilidade como aterros sanitários onde o diagnóstico ambiental se faz necessário para identificar e caracterizar a contaminação é passível a realização da análise e monitoramento pelos métodos geofísicos, com destaque para o método da eletrorresistividade. A partir dos dados é possível verificar a atenuação em termos espaciais, área de abrangência da contaminação, e em termos de concentração pela intensidade dos valores de resistividade. A fim de validar essa proposta de monitoramento geofísico, uma terceira campanha foi realizada em 2018 e está em fase de processamento

## **REFERÊNCIAS**

- CHRISTENSEN T.H. Solid Waste Technology & Management. John Wiley and Sons, Ltd, Chichester, 2011.
- PORCHER, C. A.; LOPES, R. C. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Cachoeira do Sul, Folha SH, 2000.
- TELFORD, W. M. W.; GELDART, L. P.; SHERIFF, R. E. Applied Geophysics. London, UK: Cambridge University Press, 1990.